

ИТОГО стоимость оборудования по вариантам	68 891,06	63 580,24	96 238,28	90 927,46
---	-----------	-----------	-----------	-----------

Примечание: стоимость оборудования, тыс. долл. Расчёт выполнен в текущих ценах

Расчет повысительной насосной станции выполнен на основании объекта-аналога с учётом коэффициента пересчёта в зависимости от площади и объема здания. Необходимость установки повысительной насосной станции будет

определена по результатам гидравлического расчета на следующей стадии проектирования. Стоимость учитывает электрооборудование (КТП 10кВ) и КИПиА.

Таблица 2.

#### Оценка стоимости для различных вариантов исполнения.

Наименование варианта	Стоимость (без учета ПИР) с учётом оборудования, СМР и прочих затрат
Сухая градирня (HAMON) для Пиролиза и ПП/ПЭ	252 980,24
Сухая градирня (HAMON) для Пиролиза и ПП/ПЭ с повысительной насосной станцией	303 037,58
Сухая градирня шатрового типа (Harbi Air Conditioning) для Пиролиза и ПП/ПЭ	157 036,34
Сухая градирня шатрового типа (Harbi Air Conditioning) для Пиролиза и ПП/ПЭ с повысительной насосной станцией	207 093,68

Стоимость сухой градирни шатрового типа ниже с учетом стоимости строительно-монтажных работ (при схожей стоимости оборудования), при этом на текущий момент отсутствует подтверждение возможности работы такой градирни при отрицательных температурах (до -50 град.С). Окончательный выбор из вышеуказанных вариантов должен быть выполнен по стоимости реализации после уточнения необходимости повысительной насосной станции и подтверждения возможности работы сухой градирни шатрового типа в зимних условиях площадки расположения.

#### Список литература

1. Рубцова И.Е., Мочалин Д.С., Крюков О.В. «Основные направления и задачи энергосбережения при реконструкции КС». Энергосбережение и автоматизация электрооборудования компрессорных станций: Монография // Под ред. О.В.Крюкова. – Н.Новгород: Вектор ТиС, Т.3, 2012. – 572с.
2. Крюков О.В., Мочалин Д.С., Рубцова И.Е., Титов В.Г. «Инвариантное управление электроприводами АВО газа»// Труды VII Международной конференции по автоматизированному электроприводу АЭП-2012, Иваново, ИГЭУ, 2-4 октября 2012. – С.587-591.

УДК 621.83.06: 531.8: 539.4.019.2

### ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА КОМПАС 3D ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

**Патрина Т.А.**

*к.т.н, доцент, Санкт – Петербургский государственный электротехнический университет “ЛЭТИ” им.В.И.Ульянова (Ленина), Россия, Санкт – Петербург*

**Георгиева Л.С.**

*старший преподаватель, Санкт – Петербургский государственный электротехнический университет “ЛЭТИ” им.В.И.Ульянова (Ленина), Россия, Санкт – Петербург*

### APPLICATION OF COMPASS PACKAGE 3D IN SOLVING PROBLEMS OF THEORY OF MECHANISMS AND MACHINES

**Patrina T.A.**

*PhD, Associate professor, St. Petersburg State Electrotechnical University “LETI” named after V.I. Ulyanov (Lenin), Russia, St. Petersburg*

**Georgieva L.S.**

*teacher, St. Petersburg State Electrotechnical University “LETI” named after V.I. Ulyanov (Lenin), Russia, St. Petersburg*

#### АННОТАЦИЯ

При изучении дисциплины “Теория механизмов и машин” студентам технических специальностей необходимо овладеть методами анализа структуры механизма, разобраться в устройстве механизма и его функционировании. В статье авторами приведен сравнительный анализ четырех подходов решения задач

Теории механизмов и машин. Также авторами предложено применение пакета трехмерного проектирования Компас 3D при выполнении прочностного анализа по контактным напряжениям и напряжениям при изгибе зубьев элементов механизма. Студенты могут самостоятельно проводить многовариантные исследования, что безусловно способствует лучшему пониманию физических и механических явлений, происходящие в материалах, зависящие от геометрических форм, свойств материалов и воздействий внешних сил.

#### ABSTRACT

When studying the discipline "Theory of mechanisms and machines," students of technical specialties need to master the methods of analyzing the structure of the mechanism, understand the structure of the mechanism and its functioning. In the article, the authors provide a comparative analysis of four approaches to solving problems of the Theory of Mechanisms and Machines. The authors also proposed the use of the 3D design package Compass 3D when performing strength analysis on contact stresses and bending stresses of teeth of mechanism elements. Students can independently conduct multivariable studies, which certainly contributes to a better understanding of physical and mechanical phenomena occurring in materials, depending on the geometric shapes, properties of materials and the effects of external forces.

**Ключевые слова:** Теория механизмов и машин, подвижность механизма, трехмерное проектирование в Компас 3D, прочностной анализ по контактным напряжениям и напряжениям при изгибе зубьев

**Keywords:** Mechanism and Machine Theory, Mechanism Mobility, 3D design in Compass 3D, Strength Analysis for Contact and Tooth Bending Stresses

В настоящее время инженерное образование непрерывно совершенствуется, предлагаются и внедряются новые подходы для лучшего понимания и усвоения учебного материала. Учебно-исследовательская деятельность направлена на формирование профессиональных компетенций при выполнении расчетно-графических работ, лабораторных и практических занятий. Все более активно предлагаются к внедрению новые информационные технологии, программы для расчета и структурного, кинематического и динамического анализа механизмов.

По дисциплине "Теория механизмов и машин" (ТММ) для студентов технических специальностей предусмотрено проведение лабораторных работ по овладению методами анализа структуры механизма. Им необходимо разобраться в устройстве механизма и его функционировании. При выполнении лабораторной работы студенты должны составить кинематическую схему с обозначением подвижных звеньев и кинематических пар, рассчитать общее передаточное число механизма и передаточные числа отдельных передач механизма, зарисовать схематизацию материала и геометрию звеньев механизма, рассчитать подвижность механизма и вычислить модуль зацепления [1].

Одной из рассматриваемых задач на практических занятиях по курсу "Теория механизмов и машин" является проведение прочностного анализа по контактным напряжениям и напряжениям при изгибе зубьев червячного колеса. Исходными данными для расчета передачи являются: передаточное число  $U_{12}$ , частоты вращения валов  $n_1$ ,  $n_2$  и вращающий момент на валике колеса  $M_2$ .

В начале расчета выбирается число витков червяка  $z_1 = 1, 2$  или 4. Увеличение  $z_1$  повышает КПД червячной пары, но усложняет технологию ее изготовления и увеличивает габариты передачи.

При выборе  $z_1$  должно соблюдаться условие  $z_1 > 28$ . Число зубьев колеса  $z_2 = U_{12}z_1$ .

Выбирается материал для червяка и зубьев колеса. Для малонагруженных передач червяки изготавливаются из сталей марок 40, 45, 40X, 40XH нормализованных или улучшенных с твердостью поверхности HRC<45. Зубья червячных колёс изготавливаются из бронзы марок БрАЖ9-4, БрОФ10-1 или БрОНФ.

Для решения таких задач применяется 4 подхода: экспериментальный, аналитический, графический и графо-аналитический. В учебном процессе наибольшее использование получили графический и графо-аналитический методы благодаря их наглядности, простоте применения и скорости получения результатов. Однако, как бы тщательно ни выполнялись графические построения, всегда приходится считаться с недостатками, свойственными графическим методам: погрешности построения могут быть значительными и даже при тщательном выполнении графического решения достигать нескольких процентов; плохо контролируемая величина погрешности; необходимо выполнять анализ для множества вариантов размеров звеньев и вариантов положения механизмов. То есть графический метод решения уступает современной методологии с широким применением системы автоматизированного проектирования (САПР) в машиностроении [2].

Более точные результаты решений задач ТММ могут быть получены при использовании аналитических методов. Однако уравнения, к которым приводят аналитические методы, получаются достаточно сложными – приходится решать системы нелинейных уравнений – и поэтому неудобными для практического использования при анализе даже самых простых механизмов. Поэтому, для повышения точности аналитических методов, упрощения вычислительных действий, улучшения визуального представления рассчитанных значений

эффективнее применить средства компьютерных технологий. Подходящей программой для решения задач ТММ является система трехмерного моделирования Компас 3D компании АСКОН. В этом пакете механизмы описываются как системы твердых тел, шарниров и силовых элементов. В процессе анализа поддерживается непосредственная анимация движения трехмерной модели в процессе расчета. Для анализа доступны практически все необходимые величины: координаты, скорости, ускорения, силы реакций в шарнирах, усилия в пружинах и т. д. Программный комплекс Компас 3D содержит конфигуратор прочностного анализа АРМ Fem. Он позволяет перейти от геометрической модели к расчетной модели, при заданных внешних и граничных условиях рассчитать значения контактных напряжений и напряжений при изгибе зубьев элементов кинематической пары.

Применение Компас 3D имеет ряд достоинств при решении задач ТММ. Он обеспечивает студенту возможность исследования механизма графо-аналитическим способом с сохранением его достоинств при достижении точности, свойственной аналитическому решению – типично четыре точных десятичных знака (при стандартных настройках среды проектирования). При этом открываются возможности более точного синтеза механизма, поскольку можно задавать параметры с большим количеством значащих цифр [3]. Например, если по заданной величине коэффициента средней скорости  $k = 1,3k$  (типичное значение) определяемый угол давления равен  $23^\circ 28'$ . Далее, для определения положения точки шарнира ведущего звена этот угол откладывается от отрезка, к нему проводится перпендикуляр и выполняются дальнейшие построения. Понятно, что при помощи транспортира на листе бумаги, практически невозможно построить требуемый угол  $23^\circ 28'$ , а тем более сохранить точность направлений векторов (параллельность и перпендикулярность) при последующих построениях. Напротив, погрешность графического решения будет накапливаться и в неблагоприятных случаях (при неудачном выборе масштабных коэффициентов и неаккуратности построений) легко достигает больших значений. При использовании

программного комплекса Компас 3D указанные погрешности практически ничтожны [4].

При изучении дисциплины ТММ студентам для лучшего понимания и усвоения материала необходимо провести сравнительный анализ значений характеристик напряженно-деформированного состояния звеньев кинематических пар, полученных аналитическими методами и вычисленных с помощью пакета Компас 3D, так как в основу программы также заложены аналитические методы.

Комбинированный подход в исследовании механизма позволяет студентам полностью понять физические и механические явления теории механизмов и машин, иметь визуальное представление рассчитанных значений. Также студенты могут самостоятельно проводить многовариантные исследования, что безусловно способствует усвоению учебного материала. Это доказывает необходимость внедрения САПР в учебный процесс по дисциплине “Теория механизмов и машин” при проведении лабораторных работ и практических занятий для студентов технических специальностей.

#### Список литературы

1. Воробьев С.В., Кормилицын О.П., Лобачева Д.А., Степанов С.К., Патрина Т.А. Расчет основных кинематических параметров и проектирование приборных механизмов // Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ". СПб.: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ". 2020. С. 4-8.
2. Демидов А.В. Проектирование качества продукции // Проектирование механизмов и машин ПММ. 2007. С. 57-61
3. Демидов А.В., Попов, А.В., Руцков М.В. Применение инструментов графической системы Компас 3D для решения задач теории механизмов и машин // Обеспечение качества продукции на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. 2009. Вып. 3. С. 93-98.
4. Демидов А.В., Попов А.В., Рубцов М.В. Обеспечение качества продукции на этапах конструкторской и технологической подготовки производства // Межвузовский сборник научных трудов. 2009. Вып. 3. С. 98-99.

## БИОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ ХАРАКТЕРИСТИКА БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

*Рубцов А.В.*

*Сибирский федеральный университет*

*Инженерно-строительный институт*

*Кафедра ИСЗиС*

За последние десять лет активного использования биогазовых установок накоплен большой опыт обеспечения надежности и безопасного функционирования, а также выявлены факторы, способствующие аварийности и

негативному воздействию на окружающую среду. [64] На рисунке 1 представлены основные опасные факторы, возникающих в ходе эксплуатации биогазовых установок.



*Рисунок 1 - Возможные опасности при эксплуатации биогазовых установок*

В общем, процесс анаэробного сбраживания биомассы и отходов дает высокие риски (для здоровья и для окружающей среды) в ходе эксплуатации и технического обслуживания.

Проблемой анализа рисков в Европе занимается Национальный институт промышленной среды и рисков (INERIS) и Бюро анализа рисков и промышленного загрязнения (BARPI) во Франции и аналитическая компания ZEMA в Германии.

Проведенный обзор данных по авариям и несчастным случаям на установках по получению биогаза позволяет выделить следующие типичные аварийные ситуации:

1. утечки из резервуара для хранения отходов или сети их подачи
2. утечки газа из мест хранения и распределения

3. аварийный выброс H<sub>2</sub>S
4. загрязнение водных источников в результате аварийного сброса сточных вод
5. выход из строя оборудования пожаротушения вследствие переполнения резервуаров из-за сильных ливней
6. наличие в сырье для производства биогаза опасных веществ
7. заклинивание клапанов и образование избыточного давления в котлах для сжигания биогаза.

Анализ показывает, что отдельные части установки, такие как котел, система подачи сырья, насосы, трубы, клапаны и приводы особенно уязвимы, и их сбой приводят к разгерметизации и утечкам.

Статистика аварий на биогазовых установках в Германии с 2001 года приведена на рисунке 2.

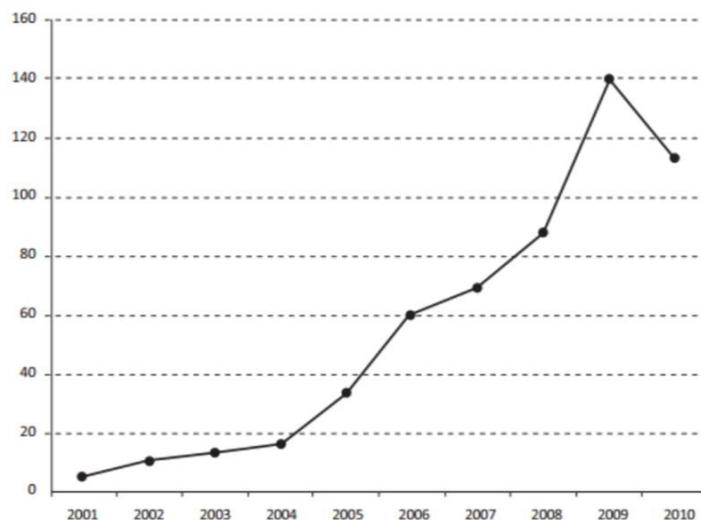


Рисунок 2 - Динамика аварий и несчастных случаев на биогазовых установках в Германии

Из отчетов ZEMA получается, что большинство из 140 аварийных ситуаций, которые произошли в 2009 году в Германии, были пожарами и, в большинстве случаев, их причины не были достоверно определены. Большинство зарегистрированных случаев произошло на площадках хранения субстратов, загружаемых в биогазовые установки. Никто из обслуживающего персонала не пострадал, также не было зафиксировано никакого существенного воздействия на окружающую среду. Единственным последствием пожаров за пределами биогазовых установок стало образование дымовых шлейфов от горения отходов.

Безопасность при создании и эксплуатации биогазовых установок в нашей стране описаны ГОСТ Р 53790-2010 «Общие технические требования к биогазовым установкам». Раздел «Требования безопасности» содержит положения о защите персонала от поражения электрическим током, требования по пожарной безопасности, требования к коммуникациям, к проведению работ на установках, а также методы проверки оборудования и необходимые средства защиты, которые должны находиться на установке.

Раздел «Требования охраны окружающей среды и здоровья персонала» состоит из четырех пунктов, где описан запрет на складирование отходов под открытым небом для уменьшения эмиссии газов; недопущение загрязнения отходами водных ресурсов; указана необходимость соблюдения мер для предотвращения заражения персонала и требования по электромагнитной совместимости электрооборудования.

По сравнению с европейскими рекомендациями по безопасной эксплуатации биогазовых установок, российские требования выглядят недостаточно подробными в части защиты среды и здоровья персонала. Требования безопасности, например, в части пожаробезопасности достаточны для минимизации рисков взрыва и пожара, но остальные негативные

варианты (токсичное воздействие и заражение патогенами) практически не рассмотрено.

Пожаро и взрывобезопасность биогазовых установок – одно из важнейших направлений в защите людей и окружающей среды ввиду тяжелых последствий этих факторов для человека.

Метан, составляющий от 50% до 75% биогаза, образует взрывоопасные смеси в воздухе, и представляет серьезную опасность для взрыва. Нижний взрывной предел метана 4,4 об.%, а верхний - 16,5 об.%. За пределами этого интервала метан не может воспламениться при нормальных обстоятельствах окружающей среды.

Несмотря на принимаемые меры, известны случаи взрывов на установках. Наиболее тяжелые последствия имела авария биогазового резервуара в Турции в 1992, в результате которой погибло 32 и пострадало 64 человека.

Анализ произошедших аварий со взрывами позволяет выделить следующие группы: аварии, связанные с хранением биогаза, связанные с транспортировкой биогаза и связанные с получением биогаза в процессе для анаэробного сбраживания.

Основные способы снижения риска – это недопущение появления источники возгорания и предотвращение утечек метана и создания взрывоопасной среды.

Директивы ЕС для управления взрывоопасными средами (ATEX):

1) Директивы 99/92/ЕС («ATEX 137») о минимальных требованиях по улучшению здоровья и безопасности работников при потенциальной опасности взрывов.

2) Директивы 94/9/ЕС («ATEX 95») об аппроксимации законов государств-членов ЕС в отношении оборудования и защитных систем, предназначенных для использования в потенциально взрывоопасных средах.

Пространства с риском взрыва классифицируются зонами в соответствии с вероятностью возникновения взрывоопасной концентрации. Если такая концентрация может

быть достигнута в каком-либо пространстве, то все пространство следует рассматривать как взрывоопасное.

Определяются следующие зоны, в которых возможно возникновение взрывоопасных концентраций метана (Рис. 3).

Зона 0 включает пространства с постоянной, долгосрочной или большую часть времени взрывоопасной средой, которая состоит из смеси воздуха и газов.

В биогазовых установках, газгольдерах, система подачи воздуха к двигателю, камера сгорания и, в особых условиях эксплуатации, сам биореактор принадлежат зоне 0. Специальное опасное состояние биореактора создается, когда воздух поступает внутрь. При нормальных условиях эксплуатации, небольшое положительное давление препятствует проникновению воздуха.

В воздухозаборнике двигателя внутреннего сгорания, или в камере газовой горелки взрывоопасная смесь существует постоянно. Двигатель и горелка должны быть отделены от остальной газовой системы пламегасительным устройством в качестве предохранительной системы.

Зона 1 охватывает пространства, где возможно достижение взрывоопасной концентрации. В условиях хорошей вентиляции, зона 1 располагается на расстоянии 1 м. от частей установки, оборудования, соединений, смотровых стекол, прокладок и отверстий для обслуживания в биореакторе, но только при условии, что утечки метана технически невозможны.

Точно так же к зоне 1 относится пространство вокруг концов выхлопных труб и газовых факелов. Закрытые пространства или ямы, в которых содержится сырье для биореактора, также принадлежат к зоне 1.

Для закрытых пространств, радиус опасной зоны определяется по окружности 4,5 м.

Зона 2 - места, где возникновение взрывоопасной концентрации маловероятно, но если это происходит, то только на короткое время. Зона 2 находится в области 1 - 3 м от частей установки, таких как места соединений, втулки, отверстия для обслуживания и разрывные мембраны. Открытые ямы, замкнутые пространства, не имеющие вентиляции, где установлены трубы для передачи газа, относятся к зоне 2.

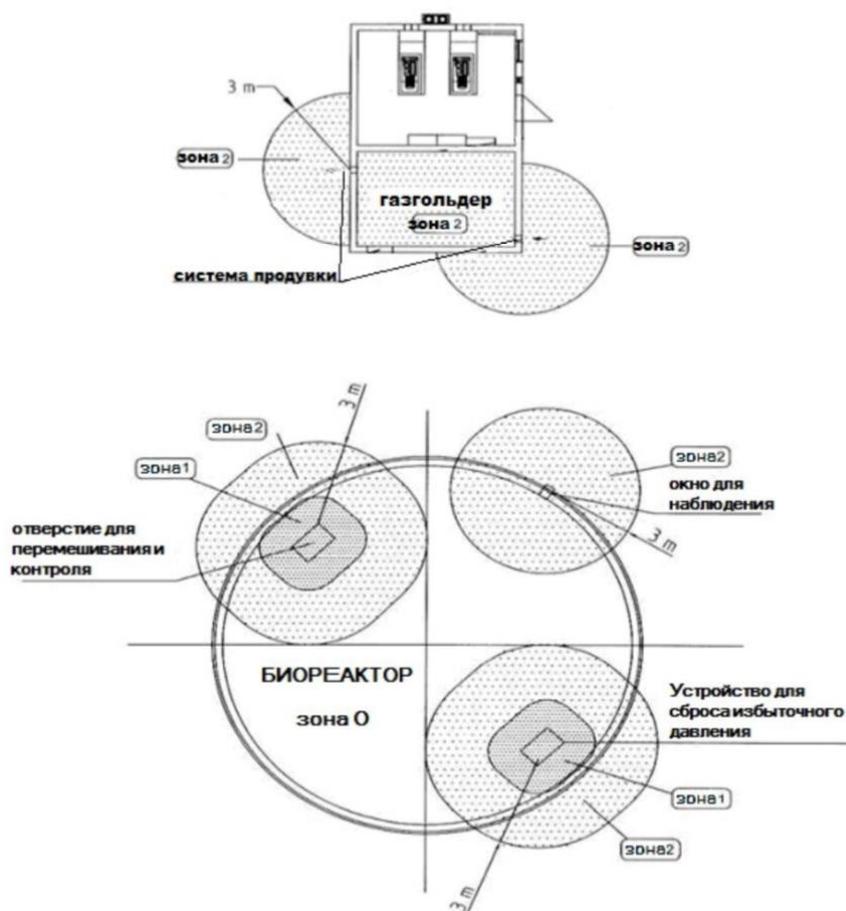


Рисунок 3 - Взрывоопасные зоны

В каждой зоне необходимо провести мероприятия по маркировке, профилактике и обеспечению безопасности.

Для уменьшения риска пожара, элементы биогазовой установки должны быть разделены на сектора противопожарной защиты. Расстояния, которые необходимо соблюдать между секторами

зависят от объема резервуара и выбора материала стен конструкций. Пожаробезопасное расстояние от наземных газгольдеров до других элементов установки может изменяться от 3 до 20 метров.

Потенциальными источниками воспламенения могут стать электрические и механические искры, открытое пламя, горячие поверхности и статическое электричество.

#### Список использованных источников

1. Ахмедов, Р. Б. Диффузионное регулирование топочных процессов при сжигании газа [Текст] / Р. Б. Ахмедов, И. М. Гольдберг – М.: Энергия, 1976. – 43 с.
2. Ахмедов Р. Б. Дутьевые газогорелочные устройства [Текст] / Р. Б. Ахмедов – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1977. – 272 с.
3. Ахмедов, Р. Б. Основы регулирования топочных процессов [Текст] / Р. Б. Ахмедов – М.: Энергия, 1977. – 277 с.
4. Безруких, В. Ю. Выбор оптимальных параметров газозудной смеси в прямоточных горелочных устройствах котлов малой мощности с целью экономии топлива и снижения выброса вредных веществ [Текст]: автореф. дис. д-ра техн. наук 05.23.03 / В. Ю. Безруких. – Л., 1988. – 22 с.

5. Беликов, С. Е. Котлы тепловых электростанций и защита атмосферы [Текст] / С. Е. Беликов, В. Р. Котлер – М.: Аква-Терм, 2008. – 212 с.

6. Беликов, С. Е. Малые котлы и защита атмосферы [Текст] / С. Е. Беликов, В. Р. Котлер – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 125 с.

7. Бирюзова, Е. А. Совершенствование сжигания природного газа на отопительных чугунных секционных котлах с горизонтально-целевыми (подовыми) горелками [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.03 / Бирюзова Елена Александровна. – СПб., 2003. – 231 с.

8. Блох, А. Г. Теплообмен излучением [Текст]: справочное пособие / А. Г. Блох, Ю. А. Журавлев, Л. Н. Рыжков – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.

9. Блохин, А. В. Теория эксперимента [Текст]: курс лекций / А. В. Блохин – Минск: Изд-во БГУ, 2002. – 67 с.

10. Борщов, Д. Я. Эксплуатация отопительной котельной на газообразном топливе [Текст] / Д. Я. Борщов – М.: Стройиздат, 1988. – 239 с.

11. Бошняк, Л. Л. Измерения при теплотехнических исследованиях [Текст] / Л. Л. Бошняк. – Л.: Машиностроение, 1974. – 448 с.: ил.

УДК 528

---

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МОНТАЖА ЛИФТОВЫХ ШАХТ НА ПРИМЕРЕ СТРОЯЩИХСЯ В Г.ОШ МОНОЛИТНЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ДОМОВ

---

*Тешаев Э.А.*

*Ошский технологический университет им. Академика М.М.Адышева  
Кыргызстан, 723500, г.Ош, ул.Исанова, 81*

## ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF INSTALLATION OF ELEVATOR SHAFTS ON THE EXAMPLE OF MONOLITHIC MULTI-STOREY BUILDINGS UNDER CONSTRUCTION IN OSH

*E.A.Teshaev*

*Osh Technological University named after Academician M.M.Adyshev  
Kyrgyzstan, 723500, Osh, 81 Isanova str.*

### АННОТАЦИЯ

При строительстве многоэтажных домов лифты являются одним из основных элементов строящегося дома. Особенностью лифта в многоэтажном доме является то, что отверстие лифтовой шахты на каждом этаже должен иметь одинаковое положение в плане, т.е. лифтовая шахта должна проходить строго по вертикальной линии. Для контроля этого условия существуют в основном два специальных геодезических способа: метод светового устройства и нитяного отвеса. Основной целью этой работы является выявление способа, который удовлетворяет требуемую точность монтажа лифтовых шахт. Для исследования данной проблемы, измерения проводились в двух многоэтажных домах, условно обозначенных как А и Б.

### ABSTRACT

During the construction of multi-storey buildings, elevators are one of the main elements of a house under construction. The peculiarity of the elevator in a multi-storey building is that the opening of the elevator shaft on each floor should have the same position in the plan, i.e. the elevator shaft should run strictly along a vertical line. To control this condition, there are basically two special geodetic methods: the method of a light device and a thread plumb line. The main purpose of this work is to identify a method that satisfies the required accuracy of the installation of elevator shafts. To investigate this problem, measurements were carried out in two multi-storey buildings, conventionally designated as A and B.

**Ключевые слова:** лифтовая шахта, эмпирическое распределение, мера косости, мера крутости, исполнительная съемка, нормальное распределение, статистический анализ.